

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur größenmäßigen Ermittlung von Hydraulikdrücken in einer blockiergeschützten hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art sowie Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

Hydraulische Kraftfahrzeugbremsanlagen werden zunehmend mit Antiblockierregleinrichtungen (ABS, ABV, Anti-Skid) ausgerüstet, um sicherzustellen, daß das Fahrzeug beim Betätigen der Bremse auch auf schwierigen Fahrbahnen und bei maximaler Betätigung der Bremse optimal abgebremst wird und seine Lenkfähigkeit behält, soweit dies physikalisch überhaupt möglich ist.

Zur Durchführung der Antiblockierregelung müssen einerseits mit Hilfe von Sensoreinrichtungen kontinuierlich solche Betriebsparameter des Fahrzeugs erfaßt werden, aus denen der ABS-Regler ermitteln kann, ob eines oder unter Umständen auch gleichzeitig mehrere der Fahrzeugräder bei den herrschenden Betriebsverhältnissen Gefahr laufen überbremst zu werden, d. h. zu blockieren, und andererseits muß die hydraulische Bremsanlage in der Lage sein, bei erkannter Blockiergefährdung den Bremsdruck am blockiergefährdeten Rad unabhängig von der Bremspedalbetätigung den jeweiligen Regelerfordernissen entsprechend selbsttätig zu modulieren, d. h. abzusenken, konstantzuhalten und wieder zu erhöhen.

In vielen blockiergeschützten hydraulischen Bremsanlagen enthalten die Einrichtungen für diese Druckmodulation u. a. in den zu den Radbremsen führenden Bremsleitungen angeordnete elektromagnetisch steuerbare Einlaß- und Auslaßventile, wobei die Einlaßventile im allgemeinen als stromlos offene und die Auslaßventile als stromlos geschlossene Ventile ausgebildet sind. Bei offenen Einlaßventilen stehen die Radbremszylinder der Radbremsen hydraulisch unmittelbar mit dem Hauptbremszylinder in Verbindung, so daß der im Hauptbremszylinder bei Betätigung des Bremspedals aufgebaute Bremsdruck auch in den Radbremszylindern wirksam ist.

Wenn infolge einer erkannten Blockiergefährdung an dem einen oder dem anderen Fahrzeugrad der Bremsdruck moduliert werden muß, dann werden das jeweils diesem blockiergefährdeten Rad zugeordnete Einlaßventil sowie Auslaßventil durch Ein- und Ausschalten ihrer Erregerströme den jeweiligen Regelerfordernissen entsprechend in ihren einen oder ihren anderen Schaltzustand gesteuert. So wird z. B. zum Konstanthalten des Radbremsdruckes das stromlos offene Einlaßventil durch Anlegen eines Erregerstroms geschlossen, wodurch der Radbremszylinder hydraulische vom übrigen Bremskreis abgetrennt wird. Zum Absenken des im Radbremszylinder herrschenden Druckes wird das Einlaßventil weiter geschlossen gehalten und das stromlos geschlossene Auslaßventil durch Einschalten seines Erregerstroms in seinen geöffneten Schaltzustand umgeschaltet, so daß das im Radbremszylinder befindliche Druckmedium in den i. a. drucklosen Ausgleichsbehälter der Bremsanlage abfließen kann. Wenn der Bremsdruck im Radbremszylinder schließlich den Regelerfordernissen entsprechend wieder erhöht werden muß, werden das Auslaßventil durch Abschalten seines Erregerstroms wieder geschlossen und das Einlaßventil durch Abschalten seines Erregerstroms wieder geöffnet.

Die Blockiergefährdung der Fahrzeugräder wird bei

den meisten blockiergeschützten Bremsanlagen ausschließlich aus dem Drehverhalten der Fahrzeugräder ermittelt, wozu diesen Radsensoren zugeordnet sind, aus deren Ausgangssignalen dann in der ABS-Regleinrichtung mittels geeigneter Regelalgorithmen u. a. die jeweiligen Radumfangsgeschwindigkeiten und/oder -verzögerungen bzw. -beschleunigungen, die Fahrzeuggeschwindigkeit sowie die Radschlüpfe ermittelt werden und letztlich die Blockiergefährdung eines oder aber auch mehrerer Fahrzeugräder erkannt wird.

An sich wäre es erstrebenswert, zur Erkennung sowie zur Regelung des Fahrzustands auch noch andere Betriebsparameter zu kennen, z. B. die in den jeweiligen Radbremsen herrschenden Bremsdrücke. Aus den geometrischen Abmessungen der Bremsanlage könnten dann nämlich in einfacher Weise unmittelbar die an den Fahrzeugrädern aufgetragenen Bremsmomente ermittelt werden. Solche Raddrucksensoren werden aber auch für andere Regelsysteme sinnvoll, z. B. für sogenannte Fahrdynamikregelsysteme. Der Einsatz solcher Raddrucksensoren scheitert im allgemeinen aber an den damit zusammenhängenden Kosten.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur größenmäßigen Ermittlung von Hydraulikdrücken in einer blockiergeschützten hydraulischen Kfz-Bremsanlage der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß werden während der Antiblockierregelzyklen auftretende signifikante Veränderungen im zeitlichen Verlauf der zum Umschalten der Einlaß- und Auslaßventile aufgetragenen Erregerströme jeweils unmittelbar als Indikatoren für die Höhe der vor dem Umschalten an den Ventilen wirksamen Hydraulikvordrücke ausgewertet.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten prinzipiellen Ausführungsbeispiels sei die Erfindung näher erläutert.

In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer an sich bekannten blockiergeschützten hydraulischen Bremsanlage,

Fig. 2 den prinzipiellen Erregerstromverlauf der Einlaß- und Auslaßventile beim Umschalten in ihren zweiten Schaltzustand,

Fig. 3 ein Zeit/Druckdiagramm und

Fig. 4 ein prinzipienhaftes Flußdiagramm für das erfindungsgemäße Verfahren bzw. für eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer an sich bekannten blockiergeschützten hydraulischen Kfz-Bremsanlage mit einem durch ein Bremspedal 2 betätigten üblichen Hauptbremszylinder 1, wobei lediglich eine der vom Hauptbremszylinder gespeisten Radbremsen 3 mit den ihr zugeordneten Einlaß- und Auslaßventilen 4, 5 der Antiblockierregleinrichtung dargestellt ist.

Wie in den meisten Fällen üblich, ist auch im dargestellten Ausführungsbeispiel das elektromagnetisch steuerbare Einlaßventil 4 als stromlos offenes Ventil und das elektromagnetisch steuerbare Auslaßventil 5 als stromlos geschlossenes Ventil ausgebildet. Einlaßventil und Auslaßventil sind leitungsmäßig derart angeordnet, daß die Radbremse 3 hydraulisch einerseits über das Einlaßventil 4 mit dem Hauptbremszylinder 1 und ande-

rerseits über das Auslaßventil 5 mit dem üblichen drucklosen Ausgleichsbehälter 7 des Hauptbremszylinders 1 verbindbar ist.

Mit 8 ist die eigentliche elektronische Antiblockierregeleneinrichtung angedeutet, der einerseits in üblicher Weise u. a. die Ausgangssignale von üblichen Radsensoren 15 zugeführt werden und die andererseits bei erkannter Blockiergefährdung des relevanten Fahrzeugrades den jeweiligen Regelerfordernissen entsprechend das Umschalten der Einlaß- und Auslaßventile 4, 5 bewirkt.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist angenommen worden, daß eine ABS-Anlage des Pumpentyps Anwendung findet; deren Hydraulikpumpe ist mit 6 beziffert.

Wenn die Einlaß- und Auslaßventile 4, 5 im Rahmen der bei Blockiergefahr einsetzenden Antiblockierregelung den jeweiligen Regelerfordernissen entsprechend vom ABS-Regler 8 von ihrem dargestellten (stromlosen) ersten Schaltzustand in ihren zweiten Schaltzustand umgeschaltet werden müssen, dann geschieht dies dadurch, daß an die Erregerwicklung 16 des jeweils umzuschaltenden Ventils eine elektrische Spannung u angelegt wird, und zwar solange, wie dieser zweite Schaltzustand aufrechterhalten werden soll.

Wegen der induktiven Eigenschaften solcher Erregerwicklungen 16 baut sich der Erregerstrom i beim Anlegen einer Erregerspannung u nicht sprunghaft auf, sondern zeitlich verzögert. In Fig. 2 ist qualitativ der typische Verlauf des durch die Erregerwicklung 16 eines elektromagnetisch steuerbaren Einlaß- oder Auslaßventils fließenden Erregerstroms i dargestellt, wenn an die Erregerwicklung 16 zu einem Zeitpunkt t_0 eine Erregerspannung u angelegt wird. In diesem Stromverlauf tritt eine gewisse Zeit nach Anlegen der Erregerspannung u im an sich im wesentlichen stetig ansteigenden Erregerstromverlauf ein kurzzeitiger spürbarer Einbruch des Erregerstroms i auf. Dieser Einbruch ist offenbar darauf zurückzuführen, daß die Induktivität der Erregerwicklung 16 des Einlaß- bzw. Auslaßventils 4, 5 nicht konstant bleibt, sondern sich verändert, wenn der Spulenanker des Ventils infolge des Erregerstroms aus seiner zuvor eingenommenen Ruheposition in eine den zweiten Schaltzustand des Ventils bewirkende zweite Position verlagert wird.

Es wurde nun festgestellt, daß diese signifikante Veränderung, d. h. dieser typische kurzzeitige Einbruch im zeitlichen Verlauf des Erregerstroms i in ganz typischer Weise von der Höhe des am Ventil vor dessen Umschalten wirksamen Hydraulikdrucks, des Hydraulikvordrucks p_{vor} abhängt.

Diese signifikante Veränderung im zeitlichen Verlauf des Erregerstroms i , d. h. insbesondere der jeweils eine gewisse Zeit nach seinem Einschalten deutlich erkennbare typische kurzzeitige Einbruch, wird daher erfindungsgemäß als Indikator für die Höhe des vor dem Umschalten am betreffenden Ventil herrschenden Hydraulik(vor)drucks p_{vor} verwendet. Im Vergleich zu herkömmlichen Drucksensoreinrichtungen läßt sich dies mit wesentlich geringerem Aufwand und daher sehr wirtschaftlich realisieren.

Vorzugsweise wird dabei die vom Einschalten des Erregerstroms i bis zu dem kurzzeitigen Einbruch vergangene Zeit t_{peak} unmittelbar als Maß für die Höhe des Hydraulik(vor)drucks p_{vor} ausgewertet. Es hat sich nämlich gezeigt, daß zwischen der Höhe des Hydraulikvordrucks p_{vor} und dem Zeitpunkt t_{peak} dieses typischen Erregerstromeinbruchs nach Anlegen der Erregerspan-

nung u zumindest bei den meisten heute serienmäßig zum Einsatz kommenden elektromagnetisch gesteuerten Einlaß- und Auslaßventilen jeweils eine feste Beziehung besteht. Untersuchungen ergaben, daß eine zumindest annähernde lineare Abhängigkeit zwischen dem Zeitpunkt t_{peak} und der Höhe des Hydraulikvordrucks p_{vor} besteht, welche mathematisch durch eine Geradengleichung beschrieben werden kann, nämlich

$$p_{vor} = a + b \cdot t_{peak},$$

worin a und b ventilabhängige Faktoren darstellen, die vorzugsweise experimentell, grundsätzlich aber wohl auch rechnerisch ermittelt werden können.

Grundsätzlich ist es aber auch denkbar, andere Elemente der signifikanten Veränderungen im zeitlichen Erregerstromverlauf zur Bestimmung der Höhe des am umzuschaltenden Ventil herrschenden Hydraulikvordrucks auszuwerten, beispielsweise das unmittelbar vor t_{peak} auftretende Strommaximum I_1 des Erregerstroms, den Zeitpunkt t_1 , zu dem dieses Strommaximum auftritt, den Stromwert I_2 , auf den der Erregerstrom i absinkt oder auch eine Kombination aus diesen Werten.

Da jedoch der Zeitpunkt t_{peak} sehr einfach zu erfassen und auszuwerten ist und im übrigen zwischen dem Zeitpunkt t_{peak} und dem Hydraulikvordruck p_{vor} eine sehr eindeutige Beziehung besteht, ist es von Vorteil, diesen Zeitpunkt t_{peak} unmittelbar als Maß für den Hydraulikvordruck p_{vor} auszuwerten.

In Fig. 3 ist für ein übliches elektromagnetisch gesteuertes Einlaß- oder Auslaßventil beispielhaft und rein qualitativ die experimentell ermittelte Abhängigkeit des Zeitpunkts t_{peak} vom am umzuschaltenden Ventil herrschenden Hydraulikvordruck p_{vor} dargestellt. Es ist gut erkennbar, daß zwischen beiden eine lineare Abhängigkeit besteht, die wie oben bereits erwähnt durch eine Geradengleichung beschrieben werden kann. Bei Kenntnis des Zeitpunkts t_{peak} kann daher mit Hilfe üblicher Elektronikbausteine sehr einfach der zugehörige Hydraulikvordruck p_{vor} ermittelt und gegebenenfalls im Rahmen spezieller Regeleinrichtungen verwertet werden.

Wie anhand der Fig. 4 erkennbar ist, kann der am umzuschaltenden Einlaß- oder Auslaßventil 4, 5 herrschende Hydraulikvordruck p_{vor} in einfacher Weise mit Hilfe zweier vergleichsweise einfacher elektronischer Einrichtungen 9, 10 sowie einer ebenfalls vergleichsweise einfachen Auswerteelektronik 12 ermittelt werden.

Eine erste elektronische Einrichtung 9 enthält im wesentlichen einen Spannungsmesser 91, der kontinuierlich die an der Erregerwicklung 16 des betreffenden Einlaß- oder Auslaßventils 4 bzw. 5 anliegende Erregerspannung erfaßt. Da jeweils nur zwei Zustände vorliegen können, nämlich entweder ist an der Erregerwicklung 16 eine Erregerspannung 11 angelegt oder nicht, kann das Einschalten des Erregerstroms i durch diesen Spannungssprung sehr leicht, z. B. mittels eines üblichen Triggers oder Differenzierers erfaßt werden, was in Fig. 4 durch das Glied 92 angedeutet ist. Wenn die erste elektronische Einrichtung 9 nun das Anlegen einer Erregerspannung u feststellt, dann startet sie ein übliches elektronisches Zeitglied 11, das in Fig. 4 ebenfalls nur symbolisch dargestellt ist.

Mit der zweiten elektronischen Einrichtung 10 wird der signifikante spürbare Einbruch im Erregerstromverlauf sensiert und als Folge davon das Zeitglied 11 gestoppt. Hierzu enthält diese elektronische Einrichtung einen im Erregerstromkreis der Erregerwicklung 6 lie-

genden Strommesser 101, der den zeitlichen Verlauf des Erregerstroms i erfaßt. Zur Sensierung des Einbruchs im an sich im wesentlichen stetig ansteigenden Erregerstroms i wird ein übliches elektronisches Differenzierglied 13 sowie ein diesem nachgeschalteter Elektronikbaustein 14 eingesetzt. Das Differenzierglied 13 ermittelt in üblicher Weise den Gradienten, d. h. die erste zeitliche Ableitung di/dt des Erregerstromverlaufs, wobei auftretende Nulldurchgänge einer solchen ersten Ableitung bekanntlich Maxima oder Minima der Grundgröße signalisieren. Ob diese Nulldurchgänge der zeitlichen Ableitung dabei ein Maximum oder ein Minimum repräsentieren, ist dadurch leicht erkennbar, daß der Nulldurchgang bei einem Maximum von Plus nach Minus und bei einem Minimum von Minus nach Plus verläuft, was meßtechnisch sehr einfach zu erfassen ist. In Fig. 4 ist mit 14 ein solcher Logikbaustein zur Erfassung eines von Minus nach Plus verlaufenden Nulldurchgangs der ersten zeitlichen Ableitung di/dt symbolisiert.

Durch diesen Logikbaustein 14 wird somit auch das zum Zeitpunkt t_{Peak} auftretende Stromminimum I_2 des Erregerstroms als von Minus nach Plus verlaufender Nulldurchgang der zeitlichen Ableitung di/dt sensiert, mit der Folge, daß das elektronische Zeitglied 11 gestoppt wird bzw. dessen Zählerstand ausgelesen und einer nachgeschalteten Auswerteelektronik 12 zugeführt wird, die daraus u. a. mit Hilfe der in ihr für die eingesetzten Einlaß- und Auslaßventile abgespeicherten Abhängigkeit zwischen t_{Peak} und vor den jeweils zugehörigen Hydraulikvordruck errechnet und ein entsprechendes Ausgangssignal p_{vor} erzeugt, das dann je nach Bedarf für die unterschiedlichsten Regelerfordernisse weiterverwertet werden kann.

Bei den meisten heute eingesetzten blockiergeschützten hydraulischen Bremsanlagen öffnen die im Rahmen der Antiblockierereinrichtung eingesetzten Auslaßventile, wie z. B. auch im Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel, zu einem drucklosen Vorrats- oder Ausgleichsbehälter. An diesen Auslaßventilen ist daher während ihres in Fig. 1 dargestellten stromlos geschlossenen Zustand jeweils der im Radbremszylinder der zugeordneten Radbremse 3 herrschende Druck als Hydraulikvordruck wirksam. Durch die Auswertung der beim Umschalten dieses Auslaßventils auftretenden signifikanten Veränderung im Erregerstromkreis, d. h. durch das Auswerten des dabei auftretenden deutlichen kurzzeitigen Einbruchs im Erregerstrom kann so in meßtechnisch einfacher Weise die Größe des zu diesem Zeitpunkt im Radbremszylinder herrschenden Bremsdrucks und damit mittelbar auch die Größe des an diesem Rad aufgetragenen Bremsmoments ermittelt werden.

In ganz ähnlicher Weise könnte während der Antiblockierregelung grundsätzlich beim Umschalten des Einlaßventils 4 aus seinem nicht dargestellten geschlossenen Zustand in den dargestellten stromlos offenen Zustand aus der Auswertung des dann abklingenden Erregerstroms der vor dem Umschalten des Ventils wirksame Hydraulikvordruck und damit letztlich auch der vom Hauptbremszylinder 1 gelieferte Hydraulikdruck ermittelt werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Hauptbremszylinder
- 2 Bremspedal
- 3 Radbremse; Radbremszylinder

- 4 stromlos offenes Einlaßventil
- 5 stromlos geschlossenes Auslaßventil
- 6 Hydraulikpumpe
- 7 druckloser Ausgleichsbehälter
- 8 ABS-Regler
- 9 erste elektronische Einrichtung
- 91 Spannungsmesser
- 92 Trigger oder Differenzierer
- 10 zweite elektronische Einrichtung
- 101 Strommesser
- 11 elektronisches Zeitglied
- 12 Auswerteelektronik
- 13 Differenzierglied
- 14 Glied zur Erfassung des Nulldurchgangs
- 15 Radsensor
- 16 Erregerpulsen der Ventile
- i Erregerstrom
- p_{vor} Vordruck
- 20 t_{Peak} Zeitpunkt des Erregerstromeinbruchs
- a, b ventilabhängige Faktoren

Patentansprüche

1. Verfahren zur großemäßigen Ermittlung von Hydraulikdrücken in einer blockiergeschützten hydraulischen Kfz-Bremsanlage, die der Steuerung des den Radbremsen (3) zugeführten Hydraulikdrucks dienende elektromagnetisch gesteuerte Einlaß- und Auslaßventile (4, 5) enthält, dadurch gekennzeichnet, daß signifikante Veränderungen im zeitlichen Verlauf der zum Umschalten der Einlaß- und Auslaßventile (4, 5) aufgetragenen Erregerströme (i) jeweils als Indikatoren für die Höhe der vor dem Umschalten an den Ventilen (4, 5) wirksamen Hydraulik(vor)drücke (p_{vor}) ausgewertet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein jeweils eine gewisse Zeit nach dem Ein- bzw. Ausschalten des Erregerstroms (i) deutlich erkennbarer typischer kurzzeitiger Einbruch im sich im wesentlichen stetig ändernden Erregerstromverlauf als Indikator für die Höhe des Hydraulik(vor)drucks (p_{vor}) ausgewertet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Ein- bzw. Ausschalten des Erregerstroms (i) bis zu diesem kurzzeitigen Einbruch vergangene Zeit (t_{Peak}) als Maß für die Höhe des Hydraulik(vor)drucks (p_{vor}) ausgewertet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe des Hydraulik(vor)drucks (p_{vor}) nach der Beziehung

$$p_{vor} = a + b \cdot t_{Peak}$$

bestimmt wird, worin a und b ventilabhängige, vorzugsweise experimentell zu bestimmende Faktoren sind.

5. Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, gekennzeichnet
 - durch eine erste elektronische Einrichtung (9) zum Sensieren des Ein- bzw. Ausschaltens des Erregerstroms (i) sowie zum Starten eines elektronischen Zeitglieds (11) als Folge davon,
 - durch eine zweite elektronische Einrichtung (10) zum Sensieren eines spürbaren Einbruchs im sich im wesentlichen stetig ändernden Erregerstromverlauf sowie zum Stoppen des elektronischen Zeitglieds (11) als Folge davon

— sowie durch eine aus der zwischen Start und Stop des Zeitglieds (11) vergangenen Zeit (t_{p-ak}) die Höhe des Hydraulik(vor)drucks (p_{vor}) errechnende Auswerteelektronik (12).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Einrichtung (10) ein elektronisches Differenzierglied (13) zur Ermittlung des Erregerstromgradienten (di/dt) sowie ein Glied (14) zur Erfassung dessen Nulldurchgangs von Minus nach Plus enthält.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

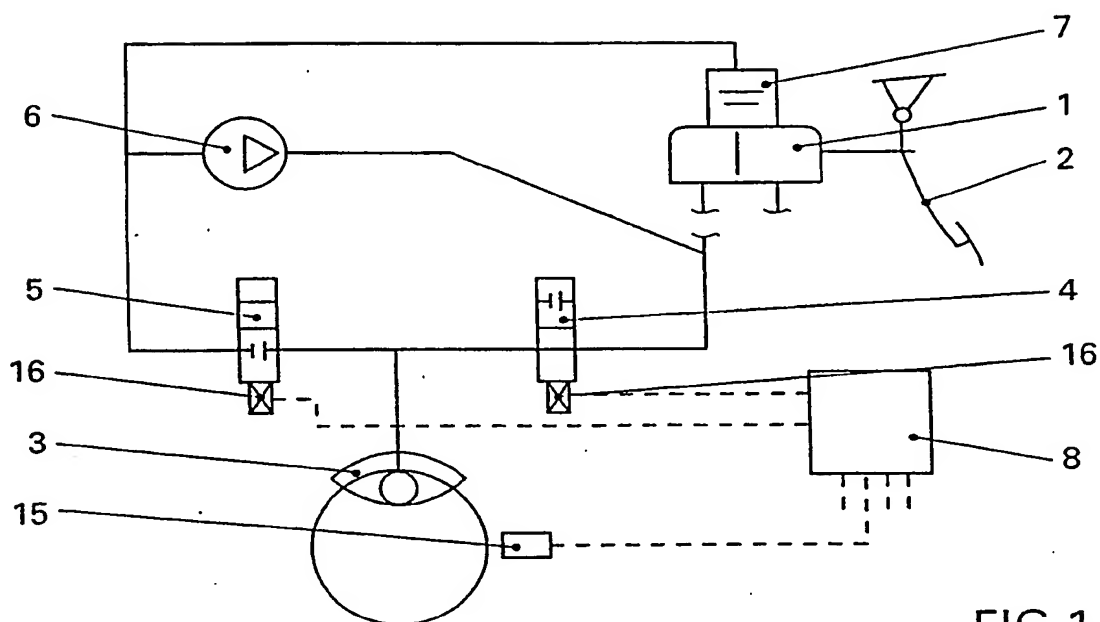


FIG 1

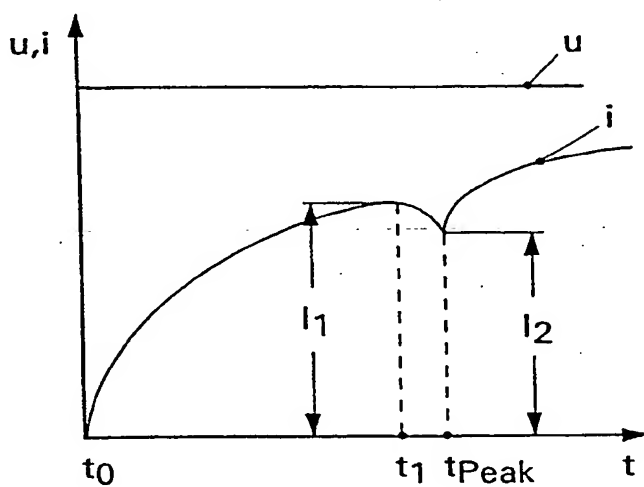


FIG 2

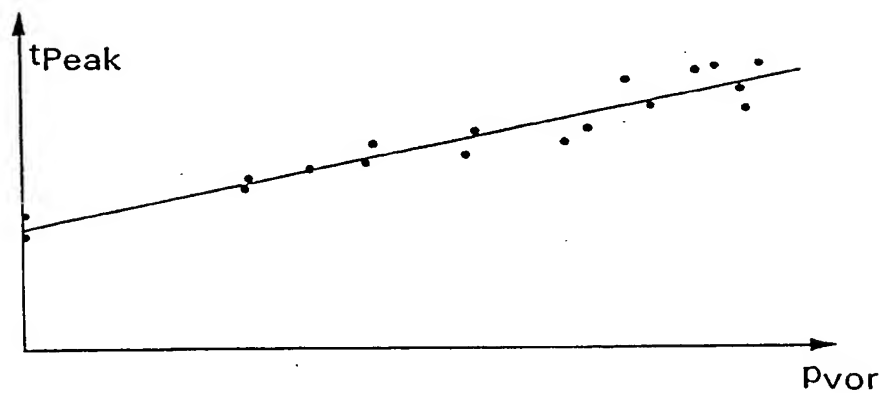


FIG 3

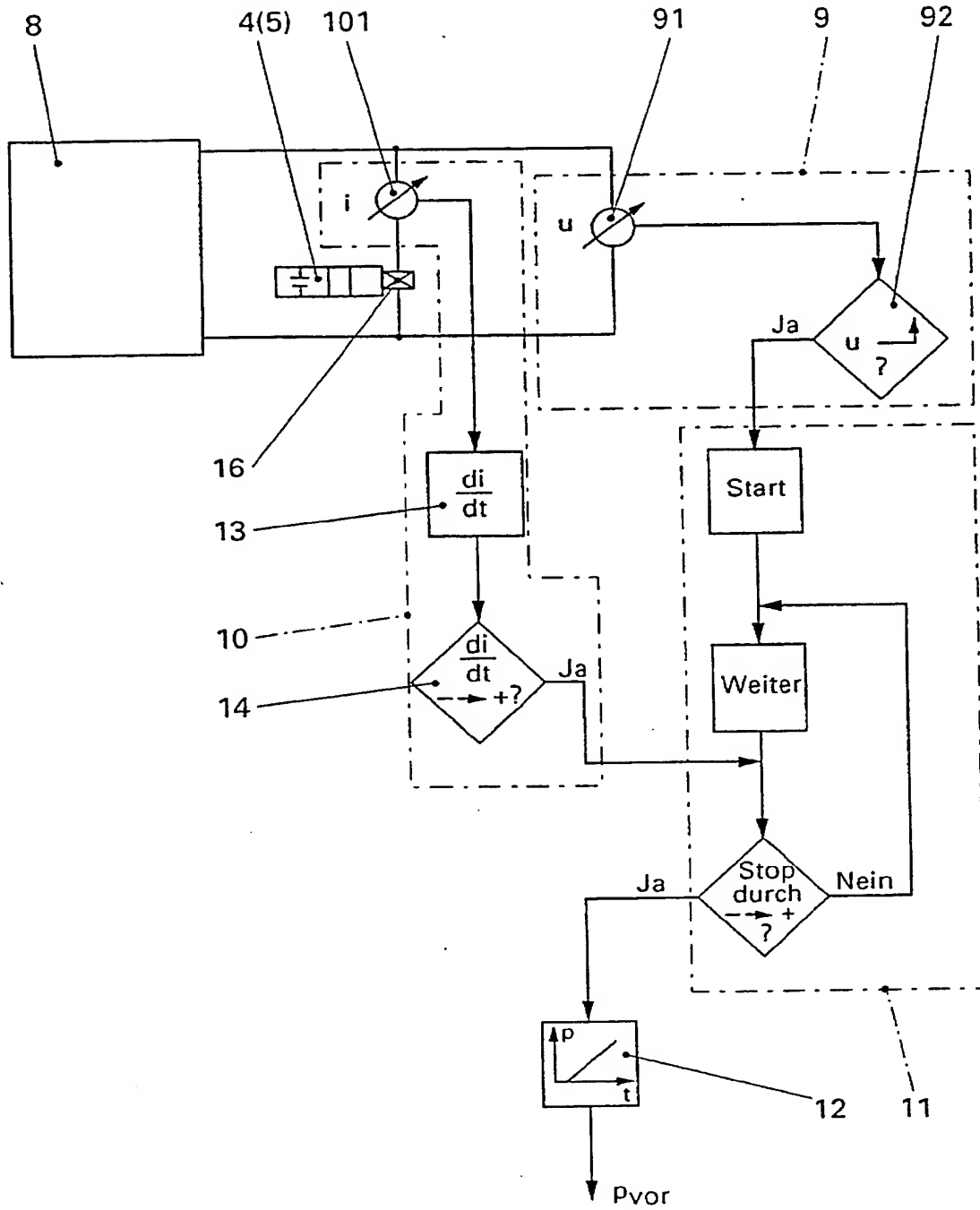


FIG 4